

## Содержание

Введение.....	3
Задание.....	4
1. Классификация активных фильтров.....	5
2. Сравнительная оценка активных фильтров с пассивными фильтрами электронных устройств.....	6
3. Расчет и выбор элементов схемы усилителя.....	7
4. Расчет амплитудно-частотной характеристики.....	10
Заключение.....	11
Список литературы.....	12
Приложение.....	13

не  
ми  
др  
я  
е

№  
в  
ра  
сп

та  
да  
и  
лп  
по

ол  
ду  
№  
в  
ин

№  
в  
ин  
ам  
вз

та  
да  
и  
лп  
по

лп  
по  
№  
в  
ин

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лит.	Лист	Листов
Разраб.							2	13
Пров.								
Т. Контр.								
Н. Контр.								
Утв.								

## Введение

Сегодня радиотехника – одна из важнейших отраслей науки и техники, имеющая впечатляющие достижения. Современная электронная техника работает в диапазонах мощностей от тысяч киловатт до долей ватта и на частотах от десятков герц до десятков гигагерц. Совершенствование техники требует развития элементной базы и внедрения новых схемных решений, широкого применения средств вычислительной техники. Важную роль в повышении эффективности работы радиосредств играет и научная организация эксплуатации радиооборудования, повышение квалификации и углубление профессиональной подготовки кадров, которым доверяется техника все возрастающей сложности .

Курсовое проектирование является одним из важных направлений при подготовке студентов к самостоятельной инженерной деятельности. В процессе курсового проектирования студенты имеют возможность наиболее полно проявить свои индивидуальные способности и творчески применить полученные теоретические знания для решения конкретных инженерных задач. Основная задача курсового проектирования - закрепить полученные знания, содействовать сознательному их усвоению и осмысленному применению при решении поставленных задач. В данном курсовом проекте рассчитывается активный полосовой фильтр на операционном усилителе.

И в. №	П о п и с а н д и к с а т о р	Л и с т	И з м.	Л и с	№ докum.	П одп.	Д а т а		Лист
									3

## Задание

Тема: «Элементы расчета активного фильтра на операционном усилителе»

### 1. Исходные данные:

- электрическая схема полосового фильтра, рис.1
- операционный усилитель – К140УД1А;
- коэффициент усиления на средней частоте –  $K_U = 200$ ;
- нижняя частота сопряжения –  $f_H = 60$  Гц;
- верхняя частота сопряжения –  $f_B = 90$  кГц;
- напряжение входного сигнала –  $U_{CD} = 0,6$  В.
- максимальный входной ток -  $I_{МАХС} = 10$ мкА

### 2. Необходимо рассчитать:

- величины R1, R2, R3;
- величины емкостей конденсаторов C1, C2;

3. Построить амплитудно-частотную характеристику фильтра при изменении частоты  $f$  в пределах от 0 Гц до 50000 кГц и сделать вывод о том, какие частоты пропускает фильтр

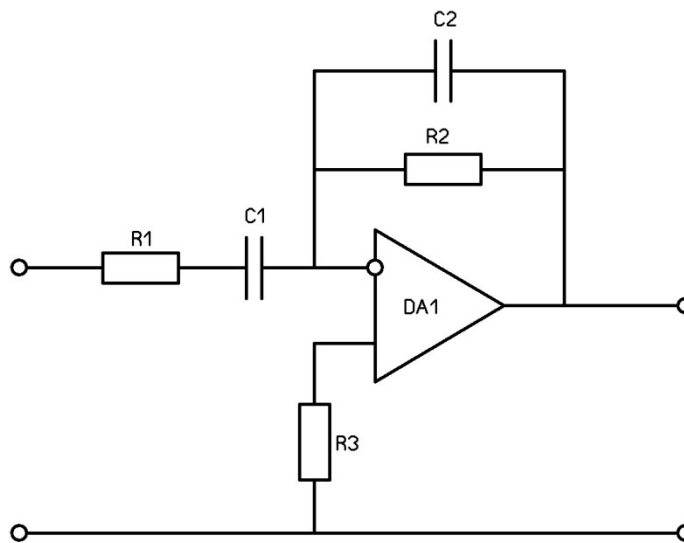


Рисунок 1 – Электрическая схема фильтра

Лист	№	в.
Изм.	Лист	№ докум.
Подп.	Дата	

# 1. Классификация активных фильтров

Фильтры предназначены для пропускания определенных заданных частот, из всей полосы, поступающей на вход фильтра.

Активные фильтры обычно строят на основе операционных усилителей (ОУ), кроме ОУ в схему фильтра входят резисторы и конденсаторы.

По виду пропускаемых частот фильтры делятся на фильтры низких частот (ФНЧ) фильтры верхних частот (ФВЧ) и полосовые фильтры (ПФ)

Через ФНЧ проходят все частоты, начиная с нулевой (постоянный ток) и до частоты среза  $f_{ср}$ . ФНЧ ослабляет все частоты, лежащие выше  $f_{ср}$ . Полосой пропускания ФНЧ называют диапазон частот от нуля до  $f_{ср}$ . Частотой среза  $f_{ср}$  называют частоту, на которой выходное напряжение фильтра уменьшается до уровня 0,707 (- 3 дБ) от напряжения в полосе пропускания

ФВЧ пропускает все частоты, начиная от  $f_{ср}$  и, теоретически, до бесконечности. Реально же верхний частный предел ограничен частотными свойствами элементов входящих в схему. ФВЧ ослабляет частоты, лежащие ниже  $f_{ср}$ .

Полоса пропускания ПФ расположена между двумя граничными частотами  $f_{срН}$  - нижней частотой среза и  $f_{срВ}$ - верхней частотой среза. Как и рассмотренные ранее фильтры, ПФ пропускает все частоты, лежащие в полосе пропускания и подавляет частоты, лежащие вне ее

в.л. и шт. оп.	г.л. шт. №	в. ни	№	в. ни ам.	в. та да и шт. оп.	шт. по №	в. ни	Изм.	Лис	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	5

## 2. Сравнительная оценка активных фильтров с пассивными фильтрами электронных устройств

Достоинства активных фильтров по сравнению с пассивными:

- активные фильтры не содержат катушек индуктивности, что приводит к уменьшению их габаритов и стоимости.

- по этой же причине характеристики активных фильтров более близки к идеальным;

- применение ОУ приводит к тому, что активный фильтр не вносит дополнительного ослабления сигнала и при необходимости могут усиливать сигнал в полосе пропускания;

- применение ОУ обеспечивает хорошую развязку входа и выхода;

Недостатки:

- необходимость в источнике питания (двуполярном);

- ограниченный рабочий диапазон частот.

И в. № по доп.	та да и доп. по	Вз ам. ин в. №	И в. № доп.	та да и доп. по	та да и доп. по	И в. № доп.	Изм.	Лис	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	6							

### 3. Расчет и выбор элементов схемы усилителя

К расчету задан активный полосовой фильтр на операционном усилителе в инвертирующем включении. Эквивалентная схема показана на рис.1

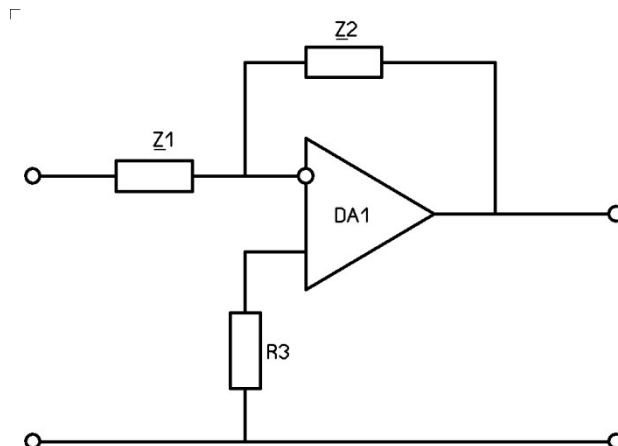


Рисунок1 – Эквивалентная схема активного полосового фильтра

Где  $Z1 = R1 + \frac{1}{j\omega C1}$

$$Z2 = \frac{R2 \cdot \frac{1}{j\omega C2}}{R2 + \frac{1}{j\omega C2}}$$

Назначение элементов схемы

C1 и R1 – элементы формирующие АЧХ фильтра в области нижних частот;

C2 и R2 – элементы формирующие АЧХ фильтра в области верхних частот;

R3 – балансировочное сопротивление, выравнивающее токи по входам и минимизирующее смещение.

DA1 – активный элемент, обеспечивает требуемый коэффициент усиления на средней частоте;

в.л. д.и. и п.ц. о.ц.					Лист 7
г.л. д.л. н.в. и н.					
н.в. н.и. ам. в.з.					
в.л. д.и. и п.ц. о.ц. д.л. о.ц. н.в. и н.					
Изм.	Лис	№ докум.	Подп.	Дата	

Коэффициент передачи такой схемы:

$$K(j\omega) = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Входное сопротивление

$$Z_{\text{вх}}(j\omega) = Z_1$$

Величины емкостей C1 и C2 выбирают так, чтобы в области средних частот они не оказывали влияния на частотную характеристику фильтра.

Поэтому для этой области можно записать:

$$K(j\omega) = K_U = \frac{R_2}{R_1}$$

$$Z_{\text{вх}}(j\omega) = R_0 = R_1$$

Полученные выражения оказываются основными для расчета фильтра в области средних частот.

Расчет начнем с выбора номинала резистора R1. Так как требования к определенной величине входного сопротивления фильтра на средних частотах не предъявляются, величину резистора выберем из условия минимального падения напряжения при протекании через него максимального входного тока операционного усилителя:

$$R_1 \leq \frac{0.1 U_{\text{н.н.}}}{I_{\text{MAXC}}}$$

Тогда:

$$R_1 \leq \frac{0.1 \cdot 0,6}{10 \cdot 10^{-6}} = 6000 \text{ Ом}$$

Выбираем стандартное значение - 5,1 кОм

Определяем мощность, рассеиваемую на данном резисторе:

$$P_{R_1} = I_{\text{вх}}^2 \cdot R_1 = (10 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 5,1 \cdot 10^3 = 0,51 \cdot 10^{-6} \text{ Вт}$$

Выбираем резистор МЛТ-0,125Вт-5,1кОм±5%

Номинал резистора R2 рассчитаем из условия получения заданного в ТЗ коэффициента усиления на средних частотах:

$$R_2 = K_U R_1 = 200 \cdot 5,1 \cdot 10^3 = 1020 \cdot 10^6 \text{ Ом}$$

в  
л  
а  
и  
ш  
о  
ц

л  
л  
н  
в  
н  
и

н  
в  
н  
и  
а  
м.  
в  
з

л  
л  
и  
ш  
о  
ц

л  
л  
н  
в  
н  
и

Выбираем стандартное значение -1 МОм.

Определяем мощность, рассеиваемую на данном резисторе:

$$P_{R2} = \frac{(U_{\text{вх}} - U_{\text{нв}})^2}{R1} = \frac{(2,8 - 0,6)^2}{1 \cdot 10^6} = 0,032 \cdot 10^{-6} \text{ Вт}$$

Выбираем резистор МЛТ-0,125Вт-1,5МОм±5%

Величина резистора R3 выбирается из условия равенства сопротивлений, подключенных к входам ОУ.

$$R3 = \frac{R1R2}{R1 + R2} = \frac{5,1 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^6}{5,1 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^6} = \frac{(2,8 - 0,6)^2}{1,5 \cdot 10^6} = 5,074 \cdot 10^3$$

Выбираем стандартное значение - 5,1 кОм

Определяем мощность, рассеиваемую на данном резисторе:

$$P_{R3} = I_{\text{вх}}^2 \cdot R3 = (10 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 5,1 \cdot 10^3 = 0,51 \cdot 10^{-6} \text{ Вт}$$

Выбираем резистор МЛТ-0,125Вт-5,1кОм±5%

Емкость C1 совместно с сопротивлением R1 определяет нижнюю частоту сопряжения полосового фильтра:

$$f_H = \frac{1}{2\pi R1C1}$$

Откуда можно определить величину C1:

$$C1 = \frac{1}{2\pi f_H R1} = \frac{1}{2\pi \cdot 60 \cdot 5,1 \cdot 10^3} = 520 \cdot 10^{-9}$$

Принимаем стандартное значение – 0,51мкФ и выбираем конденсатор К73-11-63В-0,51мкФ±5%

Емкость C2 совместно с сопротивлением R2 определяет верхнюю частоту сопряжения полосового фильтра:

$$f_B = \frac{1}{2\pi R2C2}$$

Откуда можно определить величину C1:

$$C2 = \frac{1}{2\pi f_B R2} = \frac{1}{2\pi \cdot 90 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^6} = 1,76 \cdot 10^{-12}$$

Принимаем стандартное значение – 2 пФ и выбираем конденсатор К10-62-М47-2пФ±0,5%

та да и шт ОП	ГО СТ № в НИ	№ в ни ам.	та да и шт ОП	по № в. И	Изм.	Лис	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
										9



#### 4. Расчет амплитудно-частотной характеристики

Расчет амплитудно-частотной характеристики выполним в программе Matcad, воспользовавшись выражением:  $K(f) = \frac{Z2(f)}{Z1(f)}$ . Результаты расчета показаны на рис. 2

$$R1 := 5.1 \cdot 10^3 \quad C1 := 0.51 \cdot 10^{-6} \quad R2 := (1 \cdot 10^6) \quad C2 := 2 \cdot 10^{-12}$$

$$Z1(f) := R1 + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C1} \quad Z2(f) := \frac{R2 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C2}}{R2 + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C2}}$$

$$K(f) := \frac{Z2(f)}{Z1(f)}$$

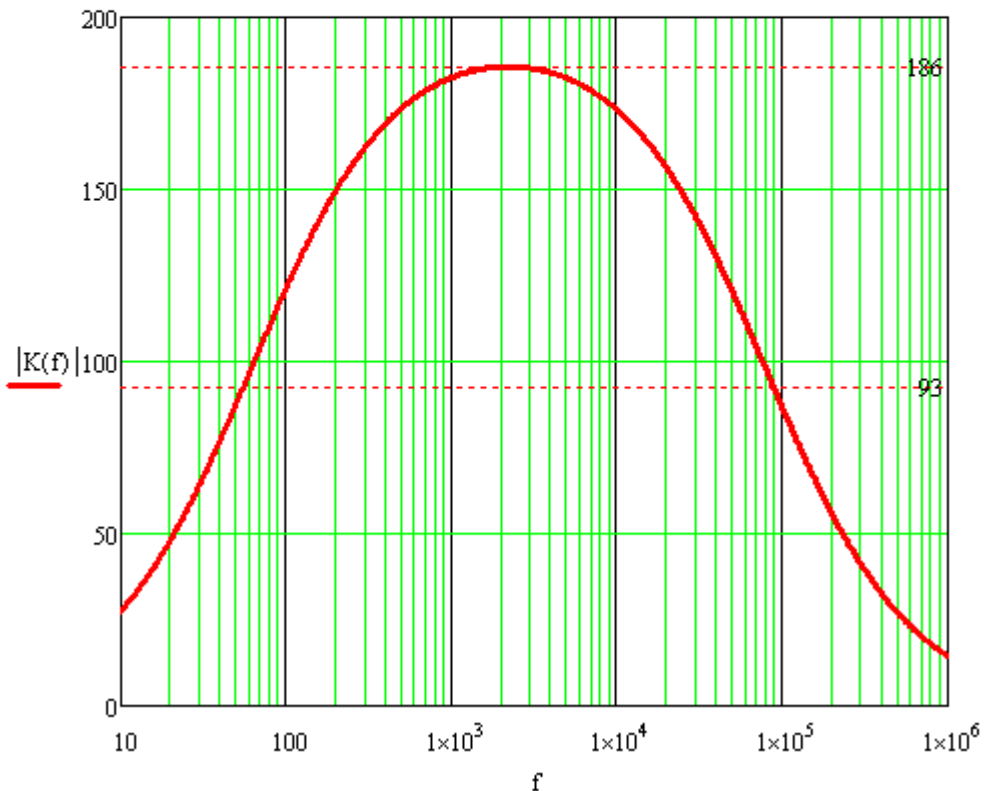


Рисунок 2 – Амплитудно-частотная характеристика

По виду АЧХ рассчитанного фильтра можно сделать вывод о том, что рассчитанный фильтр является полосовым, пропускающим средние частоты.

Ин в. №	ам. в. №	По дп. и да та	Вз ам. в. №	Ин в. №	По дп. и да та	Изм.	Лис	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
											10

## Заключение

В данной работе рассчитывался активный полосовой фильтр на операционном усилителе в инвертирующем включении.

В результате работы были рассчитаны величины пассивных элементов фильтра и из стандартного ряда выбраны их номиналы.

Рассчитана амплитудно-частотная характеристика фильтра.

Разработанный фильтр удовлетворяет требованиям задания.

Принципиальная схема фильтра и перечень элементов приведены в Приложении

И в. №	по ли	По дп. и да та	Вз ам. ин в. №	Ин в. №	Ин в. №	По дп. и да та	Изм.	Лис	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
												11

## Список литературы

1. Катаранов Б. А., Кузнецов М.А., Сиротинский И.Л. Электроника. Учебно-методическое пособие к практическим занятиям. Серпухов,-2013
2. Катаранов Б. А., Электроника и электротехника. Раздел Электроника. Курс лекций. Серпухов, -2013

Ин	в.	№	по	лш	По	дп.	и	да	та	Изм.	Лис	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
															12



